

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕГКИХ У ПАЦИЕНТОВ С ПНЕВМОНИЕЙ, АССОЦИИРОВАННОЙ С ИНФЕКЦИЕЙ COVID-19

ГАВРИЛЕНКО Д.И., ДОМАНЦЕВИЧ В.А., ФИЛЮСТИН А.Е., ДОМАНЦЕВИЧ А.В.

Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, г. Гомель, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2021. – Том 20, №1. – С. 81-90.

LUNG ULTRASOUND IN PATIENTS WITH COVID-19 INFECTION ASSOCIATED PNEUMONIA

HAURYLENKA D.I., DAMANTSEVICH V.A., FILUSTSIN A.E., DAMANTSEVICH A.V.

Republican Research Centre for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2021;20(1):81-90.

Резюме.

Метод ультразвукового исследования (УЗИ) легких известен более 20 лет, но привлек значительное внимание в период эпидемии инфекции COVID-19.

Цель исследования – оценка возможности эхоскопической визуализации изменений в легких с применением 12-зонного протокола у амбулаторных пациентов с пневмонией, ассоциированной с инфекцией COVID-19.

Материал и методы. Обследовано 39 амбулаторных пациентов, имеющих диагностические критерии инфекции COVID-19 (17 мужчин и 22 женщины) в возрасте 31-75 лет (медиана 49 лет). Всем пациентам сразу же после компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК) заслепленным специалистом было выполнено УЗИ легких. Выполнены корреляционный анализ результатов количественной оценки обнаруженных изменений, а также оценка информативности метода УЗИ легких для диагностики пневмонии.

Результаты. Признаки пневмонии по данным КТ ОГК обнаружены у 25 пациентов (64%; 95% ДИ 47-79). Эхоскопические признаки интерстициальных изменений выявлены у 31 пациента. При оценке информативности метода оптимальное соотношение чувствительность/специфичность получены для значения ≥ 2 балла, площадь под кривой (ППК) = 0,970 (95%ДИ 0,858-0,999; $p < 0,0001$). Балльная оценка УЗИ легких значимо коррелировала с количественной оценкой при КТ ОГК ($r = 0,928$, $p < 0,001$).

Заключение. Метод УЗИ легких может быть крайне полезным в условиях оказания первичной медицинской помощи, в условиях значительного потока поступающих пациентов для выявления изменений, характерных для COVID-19 ассоциированной пневмонии.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование легких, COVID-19, прикроватное ультразвуковое исследование.

Abstract.

The method of the lung ultrasound (LUS) has been known for more than 20 years, but attracted attention during the epidemic of COVID-19 infection.

Objectives. To evaluate the possibility of detecting LUS features using a 12-zone protocol in outpatients with pneumonia associated with COVID-19 infection.

Material and methods. We examined 39 outpatients with diagnostic criteria for COVID-19 infection (17 men and 22 women) aged 31-75 years (median 49 years). All patients underwent ultrasound of the lungs immediately after computerized tomography (CT) scan by a blinded specialist. Correlation analysis of the results of the quantitative assessment of the detected changes, as well as the assessment of the diagnostic value of the pulmonary ultrasound method for identifying the signs of pneumonia were performed.

Results. CT diagnosis of pneumonia was found in 25 patients (64%; 95% CI 47-79). Ultrasound signs of interstitial abnormalities were detected in 31 patients. When evaluating the method informativeness, the optimal sensitivity/specificity ratio was obtained for a value of ≥ 2 points, the area under the curve (AUC) = 0.970 (95% CI 0.858-0.999; $p < 0.0001$).

The score of the lung ultrasound significantly correlated with the quantitative assessment on CT scan ($r=0.928$, $p<0.001$). Conclusions. Pulmonary ultrasound can be very useful in the conditions of providing primary care, in the conditions of a significant number of admitted patients to detect features of COVID-19 associated pneumonia.

Key words: lung ultrasound, COVID-19, bedside ultrasound.

Основными методами диагностики патологических изменений органов грудной клетки пациентов с подозрением на пневмонию с инфекцией COVID-19 являются компьютерная томография и обзорная рентгенография. Выбор метода лучевой визуализации определяется техническими возможностями (оборудование) и кадровыми ресурсами учреждения здравоохранения, а также структурой и количеством поступающих пациентов.

Стандартная рентгенография органов грудной клетки (РГ ОГК) может быть использована при отсутствии технической возможности выполнить компьютерную томографию, так как имеет низкую чувствительность в выявлении ранних изменений на начальной стадии заболевания [1]. Информативность РГ ОГК повышается у пациентов с тяжелой пневмонией на поздней стадии процесса, кроме того, метод имеет достаточную чувствительность для диагностики отека легких [2]. Для пациентов отделения интенсивной терапии может быть использован передвижной рентгеновский аппарат, имеющий собственные ограничения информативности. Таким образом, одним из немногих преимуществ стандартной РГ ОГК являются высокая пропускная способность, обусловленная длительностью исследования.

Компьютерная томография фактически является методом «золотого стандарта» выявления изменений в легочной ткани, характерных для пневмоний, ассоциированных с COVID-19. Применение КТ ОГК является оптимальным для стартовой оценки органов грудной клетки при наличии клинических признаков инфекции COVID-19 у пациентов, требующих госпитализации по тяжести состояния [3]. Метод незаменим при клинической картине тяжелой дыхательной недостаточности для дифференциальной диагностики причин. Основными ограничениями КТ ОГК являются техническая сложность выполнения исследования для части пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких, более высокая, в сравнении с РГ ОГК, дозовая нагрузка, более низкая пропускная способность. Следует понимать, что изменения, выявленные при КТ ОГК, не являются высокоспецифичными

в отношении этиологического фактора патологического процесса [4]. Другими словами, не смотря на существование ряда КТ-паттернов, данный метод, как и другие методы визуализации, не заменяет лабораторное тестирование инфекции COVID-19. Метод КТ ОГК не рекомендован для скрининга, в т.ч. при положительных лабораторных тестах инфекции COVID-19 [3].

Традиционно считается, что легкие недоступны для ультразвукового исследования по причине рассеяния ультразвуковых волн в среде заполненных воздухом альвеол. В то же время, при сканировании легких может быть обнаружен ряд статических и динамических признаков. УЗИ легких обеспечивает визуализацию, основанную как на «истинных» изображениях, так и на артефактах. Фактически только в областях, где полностью отсутствует воздух (полная консолидация), создается «истинное» изображение легочной ткани, что указывает на патологию. Наличие воздуха в субплевральной паренхиме, напротив, создает артефакты изображения, связанные с отражением и реверберацией ультразвуковой волны. Реверберация обусловлена высоким акустическим импедансом на границе раздела между преплевральными плотными тканями и нормально аэрированным легким [5]. Границей раздела является место контакта париетального и висцерального листков плевры, эхоскопически выглядящая как гиперэхогенная поперечная линия – «плевральная линия» [5]. При УЗИ нормального легкого визуализация истинных изображений за пределами плевральных слоев невозможна, но возможно выявление различных типов артефактов, связанных с реверберацией. Ключевым фактором, определяющим текущий вид визуализируемой области, является соотношение «воздух / жидкость» в субплевральной паренхиме легких [5]. Данное соотношение определяет характеристики возможных вариантов: 1) нормально вентилируемое легкое образует однородную отражающую поверхность, формирующую поперечные артефакты, параллельные плевральной линии «линии А»; 2) частичная потеря воздушности – из-за инфильтрации жидкостью и/или клетками субплеврального слоя легочной

ткани формируются четко отграниченные микро-скопические трехмерные аэрированные структуры (аэрированные альвеолы и/или ацинусы, окруженные жидкостью или клетками), представляющие собой отражатели ультразвуковой волны и источники реверберации, что приводит к появлению продольных сигналов по типу «хвост кометы» – «В-линии»; 3) полное отсутствие воздуха даже в небольших участках под висцеральной плеврой (субплевральная консолидация) восстанавливает благоприятные условия для передачи ультразвука с частичным отражением, легочная ткань визуализируется как солидный орган [2, 5, 6].

Таким образом, нормально аэрированная легочная ткань или, точнее, ткань с относительно «уменьшенной» воздушностью является артефактом изображения. Аэрация может быть снижена из-за потери воздуха – развитие ателектаза, накопления жидкости или инфильтрации клетками интерстициального и/или альвеолярного пространства (пневмония, отек, фиброз или альвеолит), что создает отличные от нормы профили, выявляемые при УЗИ легких.

Цель исследования – оценить диагностическую значимость 12-зонного протокола УЗИ лег-

ких для визуализации изменений у амбулаторных пациентов с пневмонией, ассоциированной с инфекцией COVID-19.

Материал и методы

Дизайн исследования – одномоментное (поперечное) сравнительное исследование. В исследование включены 39 амбулаторных пациентов, имеющих диагностические критерии инфекции COVID-19 (17 мужчин и 22 женщины) в возрасте 31-75 лет (медиана 49 лет), направленных для выполнения КТ ОГК в рентгеновское отделение консультативной поликлиники ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, в период с ноября по декабрь 2020 г.

Диагноз инфекции COVID-19 устанавливали на основании критериев, указанных в п. 14.1 «Рекомендаций об организации оказания медицинской помощи пациентам с инфекцией COVID-19», утвержденных приказом МЗ РБ №1195 от 11.11.2020.

Основные характеристики пациентов, включенных в исследование, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общая характеристика демографических и клинических данных пациентов, включенных в исследование

Характеристики	Пациенты, n=39
Возраст, лет, Me [Q1;Q3]	49 [39;61]
Пол, мужчины/женщины, абс.(%)	17 (44) / 22 (56)
Симптомы, абс. (%; 95% ДИ):	
лихорадка	35 (90; 76-97)
кашель	26 (67; 50-81)
мокрота	12 (31; 17-48)
одышка	18 (46; 30-63)
боль в грудной клетке	7 (18; 8-34)
аносмия	7 (18; 8-34)
потливость	5 (13; 4-27)
Сатурация гемоглобина кислородом, (%), Me [Min;Max]	98 [82;90]
Длительность симптомов, дней, Me [Min;Max]	9 [3;30]
Без сопутствующих заболеваний, абс. (%; 95% ДИ)	16 (41; 26-58)
Сопутствующие заболевания, Me [Min;Max]:	2 [1;5]
артериальная гипертензия:	16
1 степень	7
2 степень	7
3 степень	2
ожирение	11
неалкогольная жировая болезнь печени	9
ишемическая болезнь сердца	6
сахарный диабет 2 типа	4
хронический бронхит	3
хронический пиелонефрит	2
отдаленный период ОНМК	1

Кроме лабораторного подтверждения инфекции COVID-19, все 39 пациентов имели клинические признаки, указывающие на возможный острый респираторный процесс. Наиболее частыми из них были лихорадка, кашель с/без отделения мокроты, одышка.

В качестве дополнительного метода визуализации изменений при пневмонии, ассоциированной с COVID-19 инфекцией, использовали УЗИ легких. Исследование выполнялось в течение 15-20 минут после КТ ОГК, врачом, не знавшим результаты выполненного исследования. УЗИ легких выполняли на аппарате «Vivid E9» (General Electric, Норвегия) с использованием конвексного датчика (частота 1,8-6,0 МГц) в положении пациента сидя с оценкой изменений в 12 зонах – 6 слева, 6 справа (табл. 2). В протоколе исследования фиксировали изменение профиля легкого, отличного от нормального, в каждой из 12 зон от 1 до 3 баллов по Soldati et al. [6]: > 3 четко разделенных В-линий в поле (интерстициальные изменения) = 1 балл; В-линии широкие или сливаются в «белое легкое» +/- субплевральная консолидация = 2 балла; обширная консолидация +/- «белое легкое» = 3 балла. Далее баллы суммировали (максимальное количество = 36 баллов). Кроме суммы баллов, в каждой из зон выполнялся поиск эхокопических признаков, соответствующих осложнениям или сопутствующим состояниям (экссудативный плеврит, респираторный дистресс-синдром, пневмоторакс, ателектаз легкого, отек легких), которые отмечали как дополнительные профили патологических изменений (осложнений): пневмоторакс; отсутствие скольжения плевры; выпот; легочный пульс; точки легкого. Выделенным 12 зонам соответствовали субплевральные участки анатомических сегментов, указанных в таблице 2.

В качестве референтного метода для диагностики пневмонии была принята КТ ОГК. Ска-

нирование грудной клетки осуществляли по стандартному протоколу на аппарате «DISCOVERY 750HD» (General Electric, США), в положении пациента на спине, с заведенными за голову руками, при спокойном задержанном вдохе.

Статистическую обработку результатов выполняли в операционной среде «Windows-XP» с использованием пакета прикладных программ «STATISTICA 6.0» (Stat Soft, GS-35F-5899H; США) и «MedCalc» (version 9.6.2.0; Бельгия). Так как распределение данных отличалось от нормального, использовали методы непараметрической статистики: медиана (Me), минимальное (Min) и максимальное (Max) значения, 25-й (Q1) и 75-й (Q3) процентиля, 95%-ный доверительный интервал (95% ДИ). Взаимосвязь количественных признаков оценивали по методу Спирмена с определением коэффициента ранговой корреляции. Для определения информативности метода исследования выполняли построение характеристических кривых (ROC-кривых). Для оценки диагностической ценности дополнительного метода проводилось сравнение с референтным методом. Статистически значимыми считали различия на уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

По данным КТ ОГК из 39 пациентов, включенных в исследование, у 25 (64%; 95%ДИ 47-79) была диагностирована пневмония, которая в соответствии с критериями была расценена как ассоциированная с инфекцией COVID-19. Сравнительная характеристика некоторых параметров пациентов с обнаруженной пневмонией и без пневмонии представлена в таблице 3.

Пациенты сравниваемых групп не имели статистически значимых различий по основным параметрам. Наблюдалась тенденция к более

Таблица 2 – Границы исследуемых областей в соответствии с анатомическими ориентирами

	Поверхность									
		задняя			боковая			передняя		
		справа	слева		справа	слева		справа	слева	
Верх	l. paravertebralis	S1, S2, S6	S1, S2, S6	l. axillaris posterior	S1, S2, S3, S4	S1, S2, S3, S4, S6	l. axillaris anterior	S1, S3	S1, S3, S4	l. parasternalis
		VI ребро			V ребро			IV ребро		
Низ		S6, S10, S9	S10		S4, S8	S8, S9, S10		S4, S5, S8	S4, S5, S8	

Таблица 3 – Сравнительная характеристика некоторых параметров пациентов с инфекцией COVID-19 с и без пневмонии

Характеристики	Пациенты с пневмонией, n=25	Пациенты без пневмонии, n=14	U/ χ^2	p
Возраст, лет, Ме [Q1;Q3]	49 [31;75]	48 [32;69]	139,0	0,291
Пол, мужчины/женщины, абс.(%)	10(40)/15(60)	7(50)/7(50)	0,36	0,546
Длительность симптомов, дней Ме [Q1;Q3]	8 [3;23]	12 [6;60]	111,0	0,062
Симптомы, абс.:				
лихорадка	23	12	1,23	0,608
одышка	11	6		0,945
кашель	17	7		0,268
мокрота	7	4		0,624
аносмия	6	0		0,054
Сопутствующие заболевания	15	8	0,03	0,862

длительному периоду клинических симптомов инфекционного процесса в группе пациентов без пневмонии, что, вероятно, было обусловлено наличием в данной группе 3 пациентов с хрониче-

ским бронхитом. Пациенты с пневмонией чаще указывали среди жалоб anosmia. Основными симптомами инфекции COVID-19 в обеих группах были лихорадка, кашель и одышка.

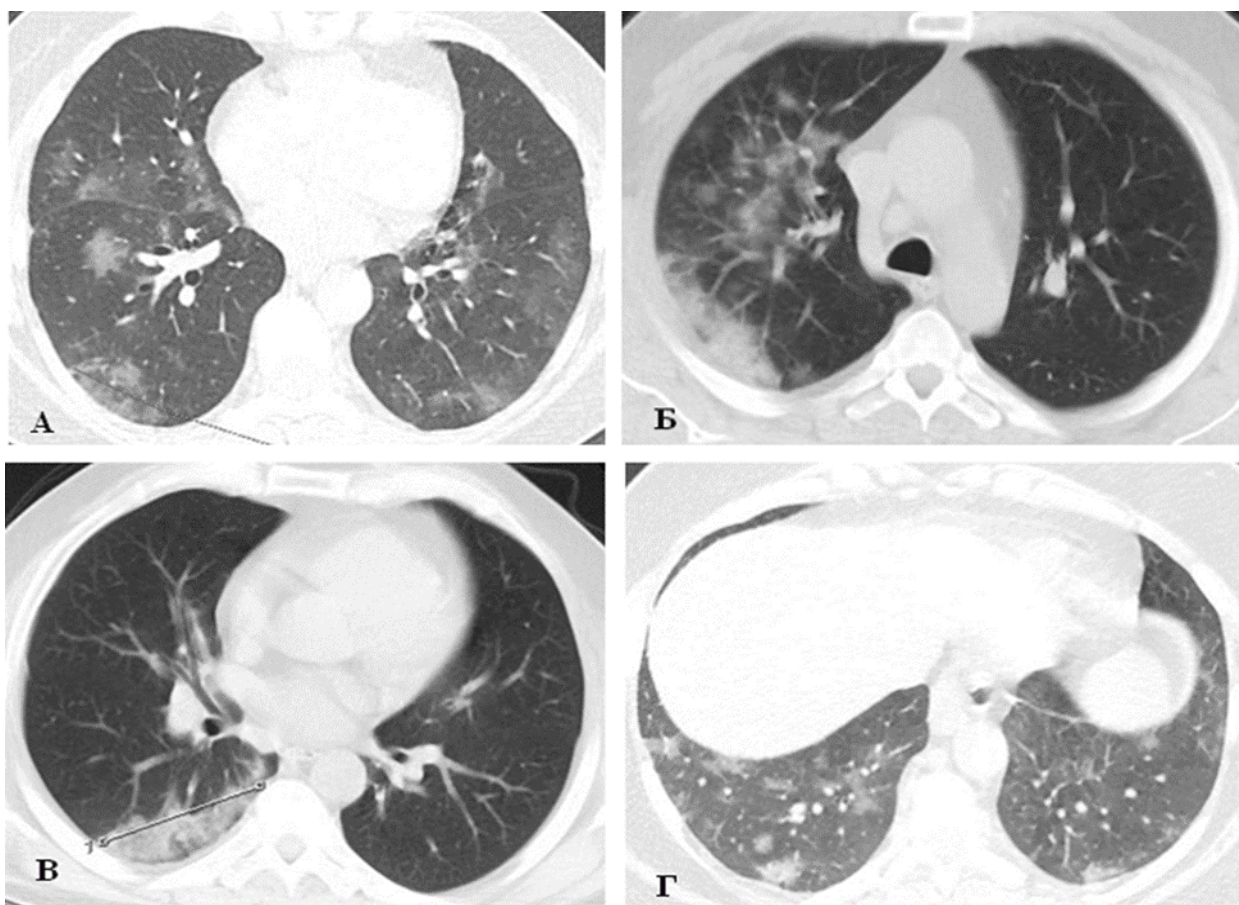


Рисунок 1 – Изменения легких при COVID-19 ассоциированной пневмонии по данным компьютерной томографии: А – Участки инфильтрации по типу «матового стекла», преимущественно субплевральные; Б – Разновеликие участки инфильтрации по типу «матового стекла» с субплевральными участками консолидации; В – Обширный субплевральный инфильтрат с участками консолидации; Г – Множественные небольшие участки инфильтрации по типу «матового стекла» с очагами консолидации.

Пациенты с выявленной при КТ пневмонией имели типичные для COVID-19 признаки по оценке CO-RADS [3]. Медиана распространения поражения паренхимы, измеренное с помощью визуальной оценки, составила 30% (Q1=14; Q3=40). Двустороннее поражение было обнаружено в 92% случаев (95% ДИ 74-99). Наиболее частыми КТ-признаками были мультифокальные, субплевральные и/или по ходу междолевой плевры, двусторонние уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», участки консолидации легочной ткани, ретикулярные изменения (рис. 1).

Все 25 пациентов с подтвержденной по данным КТ ОГК пневмонией имели эхокопические признаки интерстициальных изменений паренхимы легких. Наиболее часто обнаруживались интерстициальные изменения: множественные (узкие) В-линии, сливающиеся (широкие) В-линии, а также участки субплевральной консолидации и «белое легкое» (рис. 2). Незначительный плевральный выпот был обнаружен лишь у 2 пациентов с пневмонией. У 6 пациентов по результатам УЗИ легких были обнаружены признаки интерстициальных изменений, не получившие подтверждения при оценке данных КТ ОГК. Из них эхокопические изменения в 4 случаях были представлены узкими В-линиями (нижняя боковая поверхность слева и справа), в 2 – единичным участком незначительной субплевральной консолидации. Изменения в двух последних случаях были более детально изучены и сопоставлены с изображениями, полученными при КТ ОГК. В одном случае у пациентки 57 лет в зоне, соответствующей эхокопическим изменениям, был обнаружен внутриорганный лимфатический узел размером 5мм (рис. 3 А, Б), в другом – мужчина 38 лет имел линейный участок фиброза в нижней доле левого лёгкого (рис. 3 В). Во всех 6 случаях сумма баллов составила 2, клинически пациенты имели жалобы и признаки, характерные для острого респираторного заболевания.

Значительный объем поражения легочной ткани по данным КТ ОГК (объем поражения до 60%) имели только два пациента. Эхокопически в данных случаях были выявлены участки обширной консолидации сливающихся В-линий с формированием феномена «белого легкого» (сумма баллов 22 и 24 из 36), клинические признаки – выраженная одышка, тахипноэ, низкое насыщение гемоглобина кислородом (ниже 90%), что являлось показанием к кислородотерапии.

Далее было выполнено построение характеристической кривой (ROC-кривая) с целью

определения точки отсечения, оптимально отражающей соотношение чувствительность/специфичность для значений баллов при УЗИ легких (рис. 4).

Как показал анализ, оптимальным соотношением чувствительность/специфичность обладала точка отсечения >2 баллов: чувствительность =88,0% (95% ДИ 68,8-97,5), специфичность =100,0% (95% ДИ 76,8-100,0). ППК составила 0,970 (95%ДИ 0,858-0,999; $p<0,0001$), что соответствует модели отличного качества. Вероятность обнаружить пневмонию при значении >2 баллов составляет 100% (прогностическая ценность положительного результата (ППЦ) =100%). Крайне важным является значение прогностической ценности отрицательного результата (ОПЦ) при УЗИ легких – вероятность отсутствия заболевания при отрицательном результате составила 100%.

Результаты определения чувствительность (Ч), специфичность (С), ППК, ОПЦ метода при разных значениях суммы баллов приведены в таблице 4.

Далее изменения, выявленные при КТ ОГК, были сопоставлены по анатомическим зонам, исследуемым при УЗИ легких. По каждой из полученных КТ-зон была дана балльная оценка изменений легочной паренхимы. Выполнен корреляционный анализ баллов, полученных при УЗИ легких и КТ ОГК. График рассеяния объектов исследования в координатах представлен на рисунке 5.

Получена сильная статистически значимая положительная корреляция ($r=0,928$, 95%ДИ 0,867-0,962, $p<0,001$), что дает основание, наряду с результатами ROC-анализа, считать метод УЗИ легких приемлемым для оценки вовлеченности изменений легочной паренхимы у пациентов с COVID-19 ассоциированной пневмонией, в том числе для оценки степени распространения патологического процесса.

Ограничения метода

Основным ограничением нашего исследования мы считаем небольшой размер выборки, что требует продолжения работы, в том числе динамической оценки изменений в группе пациентов с установленной пневмонией.

Важным обстоятельством является отсутствие визуализации глубоко расположенных структур легочной ткани (рис. 3 Г). Возможность визуализации таких участков появлялась лишь при массивной потере воздушности субплевраль-

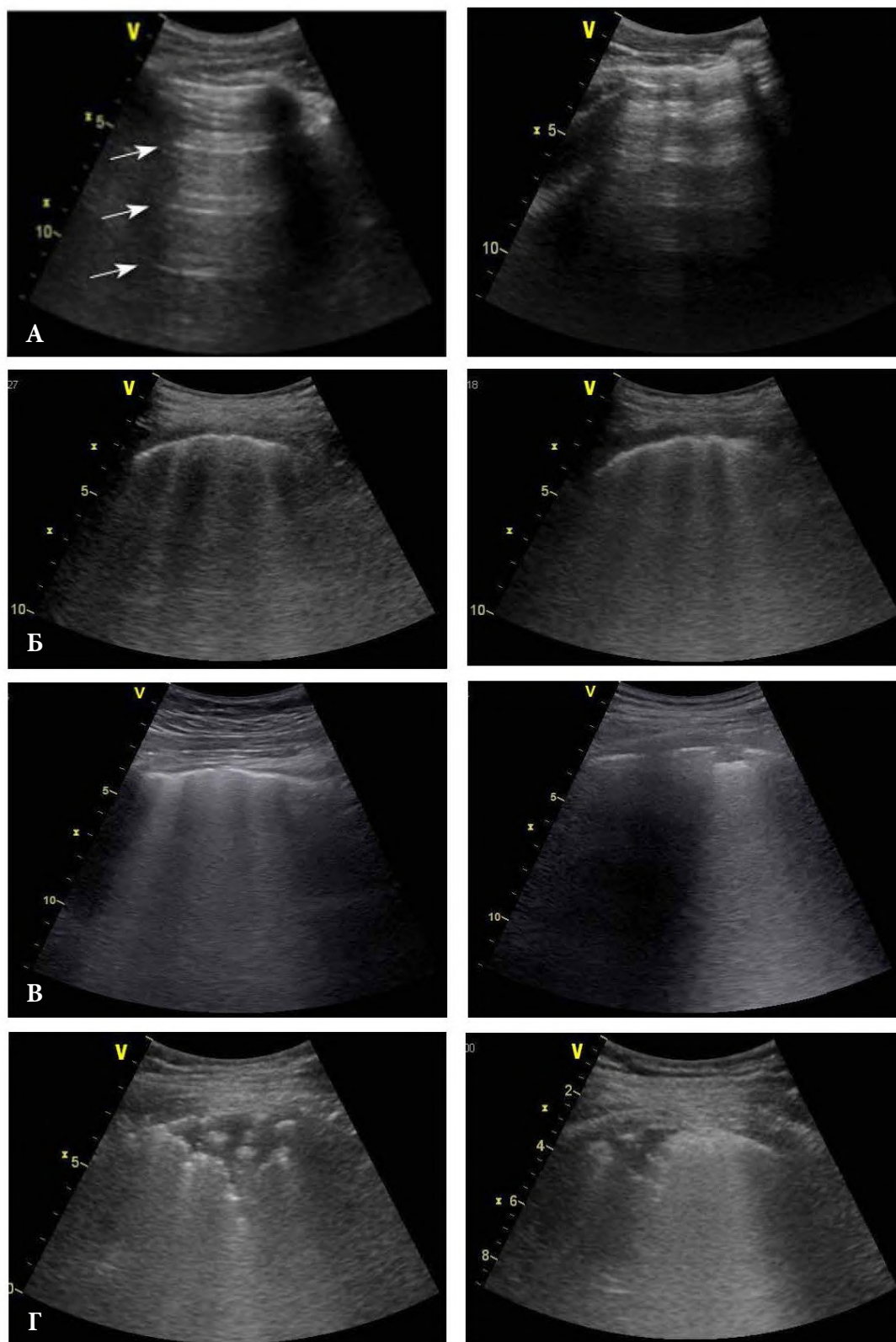


Рисунок 2 – Эхоскопические профили при исследовании легких: А – Норма (А-линии); Б – Узкие В-линии, более 3 в одной зоне; В – Широкие В-линии, сливающиеся. Субплевральная консолидация, прерывистая плевральная линия; Г – Массивная консолидация, феномен «белого легкого».



Рисунок 3 – А, Б. Внутриорганный лимфатический узел: эхоскопическое изображение (слева) и томограмма (справа); В – Участок линейного фиброза; Г – Участки инфильтрации вдоль междолевой плевры, не выявленные при ультразвуковом исследовании легких.

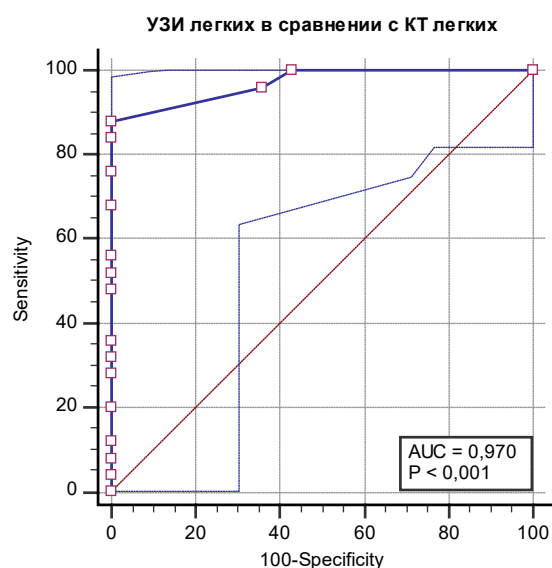


Рисунок 4 – Диагностическая значимость УЗИ легких для выявления пневмонии, ассоциированной с инфекцией COVID-19.

ных участков, например, при их консолидации. Кроме того, сегменты S7 слева и справа совершенно недоступны эхоскопической оценке.

Некоторые эхоскопические признаки, обнаруживаемые при COVID-19 ассоциированной пневмонии, могут встречаться при ряде других патологических процессов в легочной паренхиме – пневмонии другой этиологии (в т.ч. бактериальной), респираторный дистресс-синдром, левожелудочковая недостаточность, ателектаз, абсцесс, фиброз (в т.ч. поствоспалительный). Таким образом, вероятно, следует ожидать снижение прогностической ценности положительного результата УЗИ легких при снижении уровня заболеваемости инфекцией COVID-19 и ассоциированного поражения легочной ткани. При оценке результатов исследования крайне важно оценивать клинические данные и эпидемиологическую обстановку [6]. В нашем исследовании

Таблица 4 – Операционные характеристики точек отсечения суммы баллов при ультразвуковом исследовании легких пациентов с COVID-19 ассоциированной пневмонией

Значение, сумма баллов	Ч, %	95% ДИ	С, %	95% ДИ	ППЦ, %	ОПЦ, %
≥ 0	100,00	86,3 - 100,0	0,00	0,0 - 23,2	64,1	
> 0	100,00	86,3 - 100,0	57,14	28,9 - 82,3	80,6	100,0
> 1	96,00	79,6 - 99,9	64,29	35,1 - 87,2	82,8	90,0
> 2	88,00	68,8 - 97,5	100,00	76,8 - 100,0	100,0	82,4

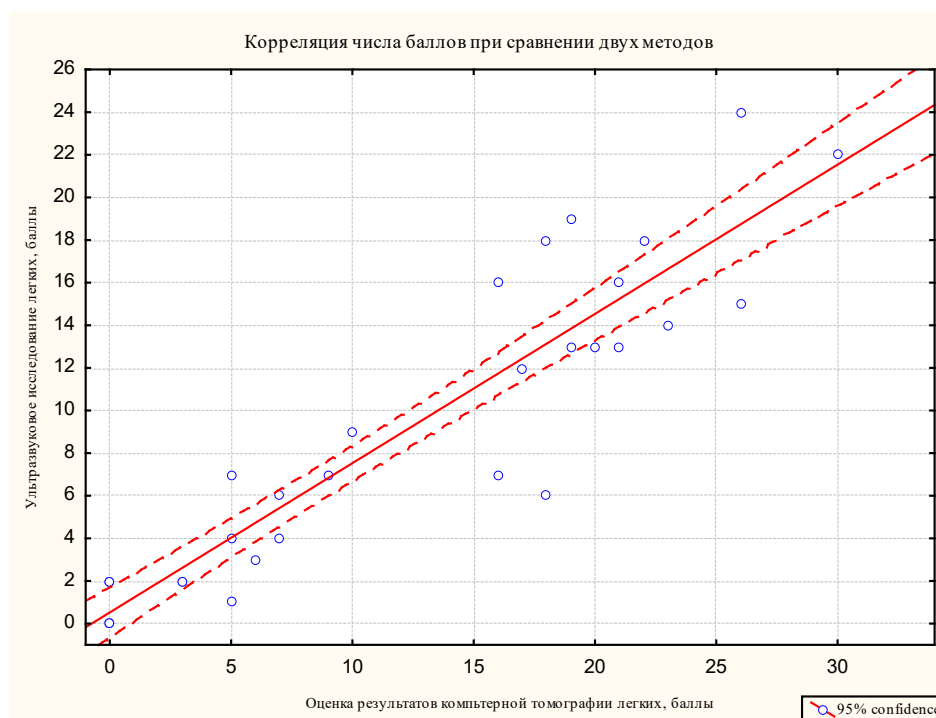


Рисунок 5 – Корреляция числа баллов при оценке изменений в легких методом ультразвукового исследования и компьютерной томографии.

оценка метода выполнялась в группе пациентов, имеющих лабораторное подтверждение инфекции COVID-19. На наш взгляд, более важным является изучение результатов применения метода в других популяциях пациентов, например, до выполнения лабораторных тестов на SARS-CoV-2, а также у лиц, не имеющих клинических признаков инфекции COVID-19 (бессимптомное течение).

Заключение

При использовании УЗИ легких для диагностики патологических изменений у пациентов с пневмонией, ассоциированной с инфекцией COVID-19 оптимальным соотношением чувствительность/специфичность обладала точка отсечения ≥ 2 баллов: чувствительность = 88%, специ-

фичность = 100%, ППК составила 0,970 (95%ДИ 0,858-0,999; $p < 0,0001$), что соответствует модели отличного качества.

Предварительный анализ полученных данных демонстрирует, что метод УЗИ легких может быть полезным для выявления изменений в легких, характерных для инфекции COVID-19 у пациентов с тяжестью заболевания, соответствующей легкой, умеренной и среднетяжелой степени по данным КТ ОГК. Полученные результаты, вероятно, обусловлены типичной локализацией интерстициальных изменений в легких при данном виде вирусной инфекции. Результаты оценки вовлечения легочной паренхимы в патологический процесс коррелировали с балльной оценкой при КТ грудной клетки ($r = 0,928$, 95% ДИ 0,867-0,962, $p < 0,001$).

Метод УЗИ легких может быть крайне полезным в условиях оказания первичной меди-

цинской помощи, при отсутствии компьютерного томографа, в условиях отделения интенсивной терапии, для «прикроватной» диагностики. В то же время необходимо дальнейшее изучение метода в гетерогенных популяциях, а также валидация метода для других интерстициальных заболеваний легких.

Литература

1. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции [Электронный ресурс] : времен. метод. рекомендации : версия 7 от 03.06.2020 / М-во здравоохранения Российской Федерации. – Режим доступа: <http://nasci.ru/?id=12809>. – Дата доступа: 27.01.2021.

References

1. M-vo zdravookhraneniia Rossiiskoi Federatsii. Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection [Elektronnyi resurs]: vremen metod rekomendatsii: versia 7 ot 03.06.2020. Rezhim dostupa: <http://nasci.ru/?id=12809>. Data dostupa: 27.01.2021. (In Russ.)
2. Cardinale L, Priola AM, Moretti F, Volpicelli G. Effectiveness of chest radiography, lung ultrasound and thoracic computed tomography in the diagnosis of congestive heart failure. *World J Radiol.* 2014 Jun;6(6):230-7. doi: 10.4329/wjr.v6.i6.230
3. Mikhailov AN, Nechiporenko AS, Vodanova OV. CT

2. Effectiveness of chest radiography, lung ultrasound and thoracic computed tomography in the diagnosis of congestive heart failure / L. Cardinale [et al.] // *World J. Radiol.* – 2014 Jun. – Vol. 6, N 6. – P. 230–237.
3. Михайлов, А. Н. КТ-семиотика COVID-19 / А. Н. Михайлов, А. С. Нечипоренко, О. В. Водянова // *Мед. новости.* – 2020. – № 6. – P. 4–8.
4. Walker, C. M. Müller's Imaging of the Chest / C. M. Walker, J. H. Chung. – 2nd ed. – Philadelphia : Elsevier, 2019. – 1152 p.
5. Lichtenstein, D. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis / D. Lichtenstein, G. Meziere, J. Seitz // *Chest.* – 2009 Jun. – Vol. 135, N 6. – P. 1421–1425.
6. Proposal for International Standardization of the Use of Lung Ultrasound for Patients with COVID-19: A Simple, Quantitative, Reproducible Method / G. Soldati [et al.] // *J. Ultrasound Med.* – 2020 Jul. – Vol. 39, N 7. – P. 1413–1419.

Поступила 24.12.2020 г.

Принята в печать 15.02.2021 г.

semiotics COVID-19. *Med Novosti.* 2020;(6):4-8. (In Russ.)

4. Walker CM, Chung JH. Müller's Imaging of the Chest. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2019. 1152 p.
5. Lichtenstein D, Meziere G, Seitz J. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest.* 2009 Jun;135(6):1421-1425. doi: 10.1378/chest.08-2281
6. Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R, Buonsenso D, Perrone T, Briganti DF, et al. Proposal for International Standardization of the Use of Lung Ultrasound for Patients with COVID-19: A Simple, Quantitative, Reproducible Method. *J Ultrasound Med.* 2020 Jul;39(7):1413-1419. doi: 10.1002/jum.15285

Submitted 24.12.2020

Accepted 15.02.2021

Сведения об авторах:

Гавриленко Д.И. – к.м.н., врач функциональной диагностики, заведующий отделением функциональной диагностики, Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7496-6164>;

Доманцевич В.А. – к.м.н., врач-рентгенолог, Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека;

Филюстин А.Е. – врач-рентгенолог, заведующий рентгеновским отделением, Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека;

Доманцевич А.В. – врач-рентгенолог, Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека.

Information about authors:

Haurylenka D.I. – Candidate of Medical Sciences, functional diagnosis doctor, head of the department of functional diagnosis, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7496-6164>;

Damantsevich V.A. – Candidate of Medical Sciences, radiologist, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology;

Filustsin A.Y. – radiologist, head of the roentgenologic department, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology;

Damantsevich H.V. – radiologist, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology.

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, 246000, г. Гомель, ул. Ильича, 290, Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, научный отдел. E-mail: dm.gavrilenko891@gmail.com – Гавриленко Дмитрий Иванович.

Correspondence address: Republic of Belarus, 246000, Gomel, 5 Ilich str., Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Scientific Department. E-mail: dm.gavrilenko891@gmail.com – Dzmitry I. Haurylenka.